

## Preparing and/or coating surfaces of hollow components

**Publication number:** DE19607625

**Publication date:** 1996-12-12

**Inventor:** GROSMANN VALENTIN (DE); PILLHOEFER HORST (DE); THOMA MARTIN DR (DE)

**Applicant:** MOTOREN TURBINEN UNION (DE)

**Classification:**





- **international:** **C23C10/06; C23C10/48; C23C10/00;** (IPC1-7):  
C23C10/06; C23C10/48

- **European:** C23C10/06; C23C10/48

**Application number:** DE19961007625 19960229

**Priority number(s):** DE19961007625 19960229

**Also published as:**

 WO9732054 (A1)  
 EP0883697 (A1)  
 US6180170 (B1)  
 EP0883697 (A0)  
 EP0883697 (B1)

[more >>](#)

[Report a data error here](#)

### Abstract of **DE19607625**

The invention concerns a device and method for preparing and/or coating the surfaces of hollow construction elements which have at least two openings linking their outside and inside surfaces. First, at least two reactant-gas mixtures (I, II), for treatment of the outside and inside surfaces of the construction elements are prepared using gas generators, and the first mixture (I) is passed over the outside surfaces and then over the inside surfaces of the construction elements while the second mixture (II) is passed over the inside surfaces and then over the outside surfaces of the construction elements.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 196 07 625 C 1

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
C 23 C 10/06  
C 23 C 10/48

⑲ Aktenzeichen: 196 07 625.0-45  
⑳ Anmeldetag: 29. 2. 96  
㉑ Offenlegungstag: —  
㉒ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 12. 12. 96

DE 196 07 625 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH,  
80995 München, DE

⑦② Erfinder:

Großmann, Valentin, 85256 Vierkirchen, DE;  
Pillhöfer, Horst, 85244 Röhrmoos, DE; Thoma,  
Martin, Dr., 80804 München, DE

⑥⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 19 967 C1  
DE 40 35 789 C1  
US 50 71 687  
EP 3 49 420 A1

⑤④ Vorrichtung und Verfahren zur Präparation und/oder Beschichtung der Oberflächen von Hohlbauteilen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Präparation und/oder Beschichtung der Oberflächen von metallischen Hohlbauteilen, die mindestens zwei Verbindungsöffnungen zwischen ihren äußeren und inneren Oberflächen aufweisen. Dazu werden zunächst mindestens zwei Reaktionsgasgemische (I, II) durch Reaktionsquellen zur Behandlung der äußeren und inneren Oberflächen der Hohlbauteile bereitgestellt und das erste Reaktionsgasgemisch (I) über die äußeren Oberflächen und danach über die inneren Oberflächen der Bauteile geführt, während das zweite Reaktionsgasgemisch (II) über die inneren Oberflächen und danach über die äußeren Oberflächen der Bauteile geführt wird.

DE 196 07 625 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Präparation und/oder Beschichtung der Oberflächen von metallischen Hohlbauteilen, die mindestens zwei Verbindungsöffnungen zwischen ihren äußeren und inneren Oberflächen aufweisen.

Für die Präparation und/oder Beschichtung der Oberflächen von metallischen Hohlbauteilen, die mindestens zwei Verbindungsöffnungen zwischen ihren äußeren und inneren Oberflächen aufweisen, ist insbesondere für Hohl-schaufeln beim Turbotriebwerksbau aus EP 0 349 420 ein Verfahren mit Vorrichtung bekannt, bei dem ein Reinigungsgasgemisch oder ein Beschichtungsgasgemisch unterhalb einer Schaufel in einem Reaktionsraum erzeugt wird. Die Schaufel hängt in dem Reaktionsraum, von dem aus die äußeren Oberflächen gereinigt bzw. beschichtet werden können und das Reaktionsgas umströmt zuerst die äußeren Oberflächen in einer Richtung und dann durch eine erste Öffnung in der Hohl-schaukel in die Hohlräume an den inneren Oberflächen vorbei und schließlich aus den Hohlräumen über eine zweite Öffnung in der Hohl-schaukel heraus in eine Abgasleitung zur Entsorgung oder Rückführung der Restgase des Reaktionsgases.

Derartige Vorrichtungen und Verfahren haben den Nachteil, daß die Konzentration einzelner Reaktionskomponenten, die im Reaktionsgas enthalten sind und die mit den Oberflächen reagieren, auf dem Weg über die äußeren Flächen, die erste Öffnung, die inneren Flächen bis zum Austritt aus der zweiten Öffnung derart absinkt, daß erhebliche Reaktionsunterschiede zwischen äußeren und inneren Oberflächen und im Verlauf der inneren Oberflächen auftreten.

Die Unterschiede zwischen äußeren und inneren Oberflächen werden durch die Maßnahmen, wie sie in den Patentschriften DE 40 35 789 und DE 41 19 967 beschrieben werden, teilweise überwunden. Jedoch ist feststellbar, daß die Unterschiede im Verlauf der inneren Oberflächen vom Eintritt in die Hohlräume bis zum Ausströmen aus den Hohlräumen mit den bisherigen Verfahren nicht wesentlich verbessert werden können. Die verbesserten Verfahren und Vorrichtungen haben darüberhinaus den Nachteil, daß sie Retortenaufbauten erfordern, die äußerst komplex und wenig variabel aufgebaut sind und für eine Massenfertigung ungeeignet erscheinen.

Ein weiterer wesentlicher Nachteil besteht darin, daß die bekannten Vorrichtungen und Verfahren keine unterschiedlichen Gasquellen für die Behandlung der äußeren und inneren Oberflächen zulassen.

Gelöst werden diese Aufgaben, soweit es ein Verfahren betrifft mit den Verfahrensschritten:

- a) Bereitstellen mindestens zweier Reaktionsgasgemische (I, II) durch Reaktionsgasquellen zur Behandlung der äußeren und inneren Oberflächen der Hohlbauteile,
- b) Führen des ersten Reaktionsgasgemisches (I) über die äußeren Oberflächen und danach über die inneren Oberflächen der Bauteile,
- c) Führen des zweiten Reaktionsgasgemisches (II) über die inneren Oberflächen und danach über die äußeren Oberflächen der Bauteile.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß bei gleicher Einwirkung der Reaktionsgase auf die inneren Oberflächen gleicher Hohlbauteile, gegenüber den bisherigen

Verfahren eine größere Vergleichmäßigung der Reaktionsergebnisse sowohl für eine Präparation wie Reduktion sulfidischer oder oxidischer Oberflächenverunreinigungen als auch für eine Beschichtung der inneren Oberflächen mit Schutzschichten gegen Oxidation, Korrosion oder Sulfidation, erreicht wird. Bilden die inneren Oberflächen Kanäle, wie sie bei Turbinen- oder Verdichterschaukeln bekannt sind, so kann gegenüber der Reinigung und Beschichtung mit herkömmlichen Verfahren die doppelte Kanallänge gereinigt bzw. beschichtet werden, da die Reaktionsgase die Hohlräume nicht nur in einer Richtung, sondern aus zwei entgegengesetzten Richtungen nacheinander durchströmen können.

In einer bevorzugten Durchführung des Verfahrens setzen sich die Reaktionsgasgemische (I, II) aus gleichartigen Komponenten zusammen, und die Strömungsrichtung der Reaktionsgase wird über die Oberflächen des Hohlbauteils durch Wiederholen der Schritte b) und c) mehrfach geändert. Dieses Intervallverfahren hat insbesondere den Vorteil, daß bei inneren Oberflächen die Vorsprünge und andere Hindernisse aufweisen, Verminderte Wirkungen beispielsweise zwischen Luv- und Leeseite der Hindernisse aufgehoben werden können. Ein weiterer Vorteil ist, daß mit höheren Durchströmgeschwindigkeiten gearbeitet werden kann, da sich luv- und leeseitige Wirkungen kompensieren. Das heißt, daß die bisher üblichen Kriechgeschwindigkeiten beim Durchströmen von Innenflächen zur Vermeidung der Ausbildung von Unterschieden zwischen Luv- und Leeseite an Hindernissen, die zu einer vorzeitigen Verarmung der Reaktionskomponenten führen können nicht mehr beibehalten werden müssen, so daß erstens die vorzeitige Verarmung überwunden wird, und zweitens ein hohe Gleichmäßigkeit der Präparation und/oder der Beschichtung erreicht wird, die insbesondere bei Beschichtungen durch die Messung der Beschichtungsdicke nachweisbar wird. Schließlich wird mit dieser Verfahrensvariante eine Verkürzung der Verfahrensdauer erreicht, falls gleiche Präparations- und/oder Beschichtungsergebnisse wie mit herkömmlichen Verfahren oder Vorrichtungen zu erzielen sind.

Bei einer weiteren bevorzugten Durchführung des Verfahrens liefert mindestens eine der Reaktionsgasquellen Reaktionsgase, die der Reinigung von äußeren und inneren Oberflächen dienen, vorzugsweise halogenhaltige Gase. Unter diesen haben sich besonders chlor- oder fluorhaltige Gase bewährt, die ätzend auf die zu reinigenden Oberflächen einwirken.

Die Reaktionsgasquellen müssen nicht immer gleichartig sein. Bei Oberflächenpräparationen liefert vorzugsweise mindestens eine der Reaktionsgasquellen Reaktionsgase, die der Reduktion sulfidischer oder oxidischer Ablagerungen auf den äußeren oder inneren Oberflächen dienen, vorzugsweise wasserstoffhaltige Gase, die in einer bevorzugten Richtung die Oberflächen der Bauteile umströmen, während eine andersartige Beschichtungsquelle in der entgegengesetzten Richtung wirkt. Auch Spülgase zum Reinigen einer Anlage, bevor behandelte Bauteile der Anlage entnommen werden, können in einer bevorzugten Richtung die Oberflächen in den Reaktionsräumen umströmen, um beispielsweise giftige Komponenten in die bevorzugte Richtung zu treiben. Ferner können Verbindungsbohrungen zwischen äußeren und inneren Bauteiloberflächen, wie sie bei Turbinenschaukeln als Filmkühlungsbohrungen bekannt sind, von unerwünschten Ablagerungen und unerwünschter Kontaminationen während einer Abkühlpha-

se nach einem Beschichtungsprozeß freigehalten werden, indem in Richtung des Reaktionsgasgemisches II ein Inertgas die Bauteile von innen nach außen über die Verbindungsbohrungen während der Abkühlphase durchströmt.

Das zweite Reaktionsgas (II) kann folglich ein beschichtendes Reaktionsgas, wie vorzugsweise ein chromierendes oder alitierendes Reaktionsgas, ein reduzierendes Gas, wie vorzugsweise ein wasserstoffhaltiges Gas oder ein Inertgas sein. Wobei das Inertgas vorzugsweise in der Phase des Aufheizens oder des Abkühlens eingesetzt wird.

Bei einer Gasdiffusionsbeschichtung der äußeren oder inneren Oberflächen zersetzen sich vorzugsweise halogenidhaltige Gase an den metallischen Außen- oder Innenflächen der Hohlbauteile in eine metallische Komponente, die als Beschichtung auf den äußeren und inneren Oberflächen abgeschieden wird und eine halogene Komponente, die als Aktivator wiederverwendet werden kann. Die Verarmung der Metallquelle und die Verdünnung des Reaktionsgases ist bei den Strömungsgeschwindigkeiten herkömmlicher Verfahren besonders gravierend und wirkt sich negativ auf eine Vergleichmäßigung der Schichtdicken aus, was durch das erfindungsgemäße Verfahren überwunden wird.

Um das erfindungsgemäße Verfahren durchführen zu können, und um die Nachteile der bisherigen Vorrichtungen, die aufgrund ihrer Komplexität für eine einzelne Schaufel für eine Massenfertigung ungeeignet sind, zu überwinden, wird eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6 angegeben.

Diese Vorrichtung ist für eine Präparation und/oder Beschichtung der Oberflächen von metallischen Hohlbauteilen, die mindestens zwei Verbindungsöffnungen zwischen ihren äußeren und inneren Oberflächen aufweisen, geeignet. Die Vorrichtung weist einen Reaktionsbehälter mit einem äußeren Reaktionsraum und ein zentrales Halterohr auf. An dem Halterohr sind abnehmbare radial zum Halterohr ausgerichtete hohle Trägerarme angeordnet. Diese können mindestens jeweils ein Hohlbauteil aufnehmen und tragen üblicherweise bis zu 30 Hohlbauteile, wobei eine erste Verbindungsöffnung der Bauteile mit dem äußeren Reaktionsraum und eine zweite Verbindungsöffnung über den hohlen Trägerarm mit dem Innenraum des Halterohres verbunden sind. Die Reaktionsgase aus dem äußeren Reaktionsraum strömen zuerst über die äußeren Oberflächen der Hohlbauteile und danach über die erste Verbindungsöffnung zu den inneren Oberflächen der Hohlbauteile. Sie werden über die zweite Verbindungsöffnung in den Hohlbauteilen und über die Trägerarme zum Innenraum des Halterohres geführt. Umgekehrt können die Reaktionsgase von dem Innenraum des Halterohres über die Tragarme durch die zweite Verbindungsöffnung des Bauteils zuerst über die inneren Oberflächen und danach durch die erste Verbindungsöffnung über die äußeren Oberflächen der Bauteile in den äußeren Reaktionsraum strömen.

Diese Vorrichtung hat den Vorteil, daß die Oberflächen der Bauteile aus zwei entgegengesetzten Richtungen nacheinander oder im Wechsel umströmt werden können. Die abnehmbaren Trägerarme können getrennt und außerhalb der Reaktionsräume mit Hohlbauteilen bestückt werden. Die Hohlbauteile auf den Trägerarmen können unterschiedliche Strukturen aufweisen und werden individuell an die Trägerarme angepaßt und mit der zweiten Verbindungsöffnung gasdicht mit den hohlen Trägerarmen verbunden. Mehrere Träger-

arme werden dann über gleichförmige Anschlußöffnungen an das Halterohr angeschlossen. Diese Anschlüsse können konisch, kugelförmig, flanschartig oder muffenförmig ausgebildet sein. Vorzugsweise werden sie als halbkugelförmige, lösbare Verbindungen ausgeführt.

Die Trägerarme sind schließlich wie ein Ast an einen Tannenbaum, dem Halterohr, befestigt, wobei Ast und Baumstamm hohl sind und der Baumstamm eine innere Reaktionsgasquelle aufnehmen kann, die damit von dem äußeren Reaktionsraum vorteilhaft getrennt ist, so daß aus entgegengesetzten Richtungen die Oberflächen der Hohlbauteile umströmt werden können.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind im äußeren Reaktionsraum zwischen den Trägerarmen radial zum Halterohr angeordnete äußere Granulatkörbe mit einem ersten Reaktionsgasquellenmaterial befestigt. Derartige Reaktionsgasquellenmaterialien sind für Gasdiffusionsverfahren aus US-PS- 5 071 678 bekannt und bestehen aus einem bei hohen Temperaturen gasförmigen Halogengranulat als Aktivator, einem Metallspendergranulat und Ballaststoffen, wie granulatformigen Metalloxiden. Vorteilhafterweise werden sie im äußeren Reaktionsraum in der Nähe der zu beschichtenden Oberflächen in Granulatkörben aufgehängt, die zwischen den Trägerarmen positioniert sind und in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung mit den Trägerarmen in mehreren Lagen übereinander am Halterohr angeordnet sind. Dadurch lassen sich vorteilhafterweise in einer Charge bis zu 1000 Hohlbauteile auf ihren äußeren und inneren Oberflächen beschichten. Eine derartige Vorrichtung ist außerdem beliebig erweiterbar und für die Massenfertigung geeignet.

Ein zweites Reaktionsgasquellenmaterial ist vorzugsweise im Innenraum des Halterohres in inneren Granulatkörben angeordnet. Ein Vorteil ist, daß bei gleichartigem Quellenmaterial die Oberflächen aus zwei Richtungen umströmt werden und damit bei hoher Strömungsgeschwindigkeit Luv- und Leewirkungen an Hindernissen und scharfen Kanten weitestgehend kompensiert werden. Außerdem kann vorzugsweise auch unterschiedliches Reaktionsgasquellenmaterial zum Einsatz gebracht werden, so daß beispielsweise auf den inneren Oberflächen überwiegend Chrom abgeschieden wird, wenn die inneren Granulatkörbe eine chromhaltige Reaktionsgasquelle tragen und auf den äußeren Oberflächen eine überwiegend aluminiumhaltige Beschichtung erfolgt, wenn die äußeren Granulatkörbe im äußeren Reaktionsraum aluminiumhaltiges Spendergranulat aufweisen.

Um ein sicheres Umschalten der Gasstromrichtungen zu gewährleisten, steht das Halterohr vorzugsweise zentral auf dem Boden des Reaktionsbehälters und der Reaktionsbehälterboden weist mindesten eine erste Zu- oder Ableitungsöffnung für den äußeren Reaktionsraum und mindestens eine zweite Zu- oder Ableitungsöffnung für den Innenraum des Halterohres auf.

Die folgenden Figuren und Beispiele erläutern bevorzugte Ausführungsformen und Anwendungsbeispiele der vorliegenden Erfindung.

Fig. 1 zeigt einen Teilbereich einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 zeigt eine Draufsicht auf eine Lage aus Granulatkörben und Trägerarmen der erfindungsgemäßen Vorrichtung

Fig. 3 zeigt eine Hohl-schaukel, die für den Einsatz in der erfindungsgemäßen Vorrichtung und in dem erfin-

dungsgemäßen Verfahren geeignet ist.

Fig. 1 zeigt einen Teilbereich einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Zur Präparation und/oder Beschichtung der Oberflächen von metallischen Hohlbauteilen 100 werden diese in Trägerarmen 1 bis 60 angeordnet, so daß sich die Hohlbauteile 100 zwischen zwei Reaktionsgasquellen 201 bis 280 und 290 befinden. Diese Reaktionsgasquellen 201 bis 280 und 290 stellen zwei Reaktionsgasgemische (I, II) zur Behandlung der äußeren und inneren Oberflächen der Hohlbauteile 100 bereit, wobei ein erstes Reaktionsgasgemisch (I) der ersten Reaktionsgasquelle 201 bis 280 in einem äußeren Reaktionsraum 110 in Pfeilrichtung A über die äußeren Oberflächen und danach über die inneren Oberflächen der Bauteile 100 geführt wird und ein zweites Reaktionsgasgemisch (II) der zweiten Reaktionsgasquelle 290 in einem zweiten Reaktionsraum 120 in Pfeilrichtung B zunächst über die inneren Oberflächen und danach über die äußeren Oberflächen der Bauteile 100 geführt wird. Die Richtung der Reaktionsgasströme kann zeitlich gestaffelt zwischen den Strömungsrichtungen A und B mehrfach geändert werden, um an äußeren und inneren Oberflächen von komplex gestalteten Bauteilen 100 in Richtung A oder B Luv- und Leewirkungen an Hindernissen und scharfen Kanten der Hohlbauteile 100 zu kompensieren.

Eine der Reaktionsgasquellen kann auch dem äußeren oder inneren Reaktionsraum 110, 120 vorgeschaltet sein und über die Zuleitungsöffnungen 111 bzw. 121 im Boden 131 des Reaktionsbehälters Reaktionsgase, wie halogenhaltige Gase, die vorzugsweise der Reinigung der äußeren und/oder inneren Oberflächen dienen, zuführen. Auch wasserstoffhaltige Reduktionsgase werden aus externen Quellen über die Zuleitungsöffnungen 111 bzw. 121 den äußeren und/oder inneren Oberflächen zur Reduktion sulfidischer oder oxidischer Ablagerungen zugeführt, wobei auf mindestens eine der beiden Granulatkorbanordnungen, wie sie die Positionen 01 bis 280 oder die Position 290 zeigen, verzichtet werden kann.

Für eine Gasdiffusionsbeschichtung der äußeren oder inneren Oberflächen der Hohlbauteile 100 werden halogenidhaltige Gase in dem äußeren bzw. inneren Reaktionsraum 110 bzw. 120 erzeugt. Diese Reaktionsgase zersetzen sich teilweise an den metallischen Außen- oder Innenflächen der Hohlbauteile 100 in eine metallische Komponente, die als Beschichtung auf den äußeren und inneren Oberflächen abgeschieden wird und eine gasförmige halogene Komponente, die als Aktivator wiederverwendet werden kann, nachdem sie an kühlen Oberflächen kondensiert oder in beheizten Räumen als Aktivatorgas Spendenmetallatome zu den äußeren oder inneren Oberflächen der Hohlbauteile 100 transportiert. Um den Transport in den erfindungsgemäßen entgegengesetzten Richtungen A und B aufrechtzuerhalten ist üblicherweise ein inertes Trägergas, wie Argon erforderlich, das zeitlich nacheinander in den Pfeilrichtung A oder B über die zu beschichtenden Außen- oder Innenflächen der Hohlbauteile 100 geführt wird und die Reaktionsgase mitführt.

Die Vorrichtung zur Präparation und/oder Beschichtung der Oberflächen von metallischen Hohlbauteilen 100 ist nur für Bauteile, die mindestens zwei Verbindungsöffnungen 103, 104 zwischen ihren äußeren und inneren Oberflächen aufweisen geeignet. Eine erste Verbindungsöffnung 103 des Bauteils 100 ist mit dem äußeren Reaktionsraum 110 verbunden. Eine zweite

Verbindungsöffnung 104 ist über den hohlen Trägerarm 1 bis 60 mit dem Innenraum eines Halterohres 105 verbunden, der in diesem Beispiel gleichzeitig als innerer Reaktionsraum 120 dient. Somit kann Reaktionsgas der ersten Reaktionsgasquelle 201 bis 280 aus dem äußeren Reaktionsraum 110 zuerst über die äußeren Oberflächen und danach über die erste Verbindungsöffnung 103 zu den inneren Oberflächen der Bauteile 100 und über die Trägerarme 1 bis 60 zum Innenraum des Halterohres 105 in Pfeilrichtung A strömen. Umgekehrt kann Reaktionsgas von dem Innenraum des Halterohres 105 über die Trägerarme 1 bis 60 durch die zweite Verbindungsöffnung 104 des Bauteils 100 zunächst über die inneren Oberflächen und danach durch die erste Verbindungsöffnung 103 über die äußeren Oberflächen der Bauteile 100 in den äußeren Reaktionsraum 110 in Pfeilrichtung B strömen.

Die Hohlbauteile 100 werden dazu mit ihrer zweiten Verbindungsöffnung 104 in dem hohlen Trägerarm 1 bis 60 befestigt und eingedichtet. Diese Dichtung wird mit einer Dichtmasse 108, wie einer Sintermasse, erreicht, wobei beispielsweise ein unteres Ende 106 des Hohlbauteils 100 mit der zweiten Verbindungsöffnung 104 in den Hohlraum 107 des Trägerarms 1 bis 60 hineinragt und von Dichtmasse 108 im Öffnungsbereich freigehalten wird. Die hohlen Trägerarme sind radial nach außen mit dem zentralen Halterohr 105 lösbar verbunden. Die lösbare Verbindung 109 besteht aus einem konischen, kugelförmigen, halbkugelförmigen oder flanschartigen Sitz 112, der eine klinkenartige Einrastvorrichtung 113 aufweist, die ein schnelles Einhängen der Trägerarme 1 bis 60 an dem zentralen Hohlrohr 105 ermöglicht.

Fig. 2 zeigt in Draufsicht eine Schnittebene CC einer Lage aus Granulatkörben 201 bis 220 und Trägerarmen 1 bis 20 der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Die Granulatkörbe 201 bis 280 mit einem ersten Reaktionsgasquellenmaterial sind in diesem Beispiel mit Spendergranulat und Aktivatorgranulat gefüllt und werden für eine Gasdiffusionsbeschichtung zwischen den Trägerarmen 1 bis 20 eingehängt und umgeben fast vollständig die zu beschichtenden äußeren Oberflächen der Hohlbauteile 100. Sie versorgen zunächst die äußeren Oberflächen der Hohlbauteile 100 mit Reaktionsgasen.

Ein zentraler Granulatkorb 290 mit einem zweiten Reaktionsgasquellenmaterial in Granulatform ist in der Mitte des Halterohres 105 angeordnet. Er versorgt über Verbindungsöffnungen 115 zu den Hohlräumen 107 der Trägerarme 1 bis 20 und über die in Fig. 1 gezeigten zweiten Verbindungsöffnungen 104 in den Hohlbauteilen 100 zunächst die inneren Oberflächen der Hohlbauteile 100 mit Reaktionsgasen für eine Gasdiffusionsbeschichtung. Danach strömen die Reaktionsgase über die in Fig. 1 gezeigte erste Verbindungsöffnung 103 zu den äußeren Oberflächen in Pfeilrichtung B.

Trägerarme 1 bis 60 und Granulatkörbe 201 bis 280 können, wie Fig. 1 zeigt, in mehreren Lagen übereinander am Halterohr 105 angeschlossen bzw. befestigt sein. In diesem Beispiel werden drei Lagen mit je 20 Trägerarmen 1 bis 60 und 20 Granulatkörben 201 bis 280 an dem Halterohr 105 angeschlossen bzw. befestigt. Jeder Trägerarm nimmt in diesem Beispiel 4 Hohlbauteile auf, so daß 240 Hohlbauteile 100 gleichzeitig gereinigt und beschichtet werden können.

Der Boden 131 des Reaktionsbehälters 130 weist neben den Zuleitungsöffnungen im äußeren Reaktionsraum 110 und im inneren Reaktionsraum 120 Ableitungsöffnungen 116 bzw. 122 im äußeren bzw. inneren Reaktionsraum 110 bzw. 120 auf. Zur Umschaltung der

Strömungsrichtung A oder B sind die Öffnungen über Zu- oder Ableitungen mit entsprechenden nicht gezeigten Steuerventilen verbunden, über die inerte Trägergase oder ätzende, reduzierende oder deoxidierende Reaktionsgase zu oder abgeführt werden können.

Fig. 3 zeigt eine Hohl-schaufel 300, die für den Einsatz in der erfindungsgemäßen Vorrichtung und in dem erfindungsgemäßen Verfahren geeignet ist. Die Hohl-schaufel 300 wird in Turbotriebwerken eingesetzt und ist gegen Korrosion und Sauerstoffversprödung durch die aggressiven Gase im Strömungskanal des Turbotriebwerks zu schützen. Üblicherweise haben diese Hohl-schaufeln 300 auf ihren Vorderkanten 301 und/oder auf ihren Hinterkanten 302 erste Verbindungsbohrungen 303 bzw. 304, die die äußeren Oberflächen 305 mit den inneren Oberflächen 306 verbinden. Zusätzlich weisen diese Hohl-schaufeln 300 einen Schauffelfuß 317 auf, dessen äußere Oberflächen 318 vor einer Beschichtung zu schützen sind. Im Schauffelfußbereich liegen zweite Verbindungsöffnungen 313 und 314, durch die im Betrieb beispielsweise Kühlluft eintreten kann, die als Kühlluftfilm an den Vorder- und/oder Hinterkanten 301 bzw. 302 durch die Kühlfilmbohrungen 303 bzw. 304 ausströmen kann. Unter Ausnutzung dieser Öffnungen kann ein Reinigungs- und/oder Beschichtungsgas mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung und gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens nacheinander in Richtung A und in Richtung B die Oberflächen der Schaufel 300 durchströmen, wenn die Schaufel 300 gasdicht an einem Trägerarm 1 der Vorrichtung angeschlossen wird. In diesem Beispiel besteht der Trägerarm aus einem Hohlprofil mit aufgesetzter Halte- und Stützvorrichtung 310 für die Hohl-schaufel 300, in die der Schauffelfuß 317 eingesteckt wird und anschließend mit einer Dichtmasse 108, die in diesem Beispiel eine Sintermasse ist, umschlossen wird, so daß die Öffnungen 313 und 314 des Schauffelfußes 317 mit dem Hohlraum 307 des Trägerarms 1 verbunden sind.

Der Innenraum der Hohl-schaufel ist in engen Kanälen strukturiert, so daß die Reaktionsgase mehrfach umgelenkt werden, und Luv- und Leewirkungen nur durch minimale Durchflußgeschwindigkeiten verringert werden. Erst durch das erfindungsgemäße Umschalten der Strömungsrichtung von der Pfeilrichtung A auf die Pfeilrichtung B und umgekehrt, werden die Luv- und Leewirkungen an den scharfen Umlenkpunkten kompensiert. Eine Verarmung der Reaktionsgasquellen an Reaktionskomponenten wird vermindert und eine Anreicherung an Reaktionskomponenten insbesondere im Innenraum der Hohl-schaufel wird durch das erfindungsgemäße Verfahren bewirkt, so daß gleichmäßigere Reinigungseffekte und gleichmäßigere Beschichtungsergebnisse als mit herkömmlichen Vorrichtungen und Verfahren ermöglicht werden.

#### Beispiel 1

Eine Hochdruckturbinenschaufel aus einer Nickelbasislegierung der Zusammensetzung (Rene 80)

Co	9,0—10 Gew.-%
Cr	13,7—14,3 Gew.-%
Ti	4,8—5,2 Gew.-%
Al	2,8—3,2 Gew.-%
W	3,7—4,3 Gew.-%
Mo	3,7—4,3 Gew.-%
Fe	max. 0,35 Gew.-%
Hf	max. 0,1 Gew.-%
C	0,15—0,19 Gew.-%

Rest Ni, mit einer komplexen Innengeometrie, die 6 bis 8 Kühlluftbohrungen aufweist (vergl. Fig. 3) wird auf den äußeren und inneren Oberflächen gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Aluminiumdiffusionsschicht beschichtet.

Dazu wird der Fußbereich der Turbinenschaufel 300 zunächst mit einer  $Al_2O_3$ -Schicht durch Tauchen in einer Schlicker-suspension, die im wesentlichen aus  $Al_2O_3$ -Pulver und einer wässrigen Lösung besteht, versehen. Nach einem Trocknen des  $Al_2O_3$ -Schlickers werden je vier Schaufeln 300 auf Halte- und Stützvorrichtungen 310 gesteckt, die sich auf den Trägerarmen 1 bis 60 der erfindungsgemäßen Vorrichtung befinden. Danach wird jeder Trägerarm 1 bis 60 mit einer Pulverschüttung 308 aus Nickelbasispulver und  $Al_2O_3$ -Pulver aufgefüllt. Diese Pulverschüttung 308 dichtet den Schauffelfußbereich in Zusammenwirken mit der Schlickergußschicht 108 auf der äußeren Oberflächen 318 des Schauffelfußes 317 in der Halte- und Stützvorrichtung 310 durch Zusammensintern zu einer Sintermasse beim späteren Aufheizen ab und schützt die äußeren Oberflächen 318 des Schauffelfußes 317 vor einer Beschichtung.

Die derart außerhalb des Reaktionsbehälters 130 vorbereiteten Trägerarme 1 bis 60 werden danach in das zentrale Halterohr 105 eingehängt. Die kegel- oder halbkugelförmigen Anschlußzapfen der Trägerarme werden zusätzlich mit  $Al_2O_3$ -Schlicker eingepinselt, um geringfügige Spalten abzudichten.

Es werden in diesem Beispiel über 30 Trägerarme in mehr als 5 Lagen oder Ebenen an einem Halterohr 105 eingehängt. Zwischen den Trägerarmen in jeder Lage werden Granulatkörbe aus Lochblech aufgehängt. Diese enthalten als Reaktionsgasquellen Aluminiumspendergranulat einer Al/Cr-Legierung und ein Granulat aus Aluminiumfluorid als Aktivatorspender. In diesem Beispiel werden pro Schaufel 600 g Aluminiumspendergranulat und 10 g Aktivatorgranulat eingesetzt. Ein Teil dieses Granulats wird als zweite Reaktionsgasquelle 290 in einen Granulatkorb im Innern des Halterohres eingefüllt.

Nach dem Einhängen der Trägerarme und der Granulatkörbe an dem Halterohr ist ein Tannenbaum-Chargierträger fertiggestellt. Der Tannenbaum-Chargierträger wird auf dem Sockel eines Retortenhaubenofens positioniert, wobei das Halterohr 105 den zentralen Stamm des Tannenbaum-Chargierträgers bildet. Der zentrale Stamm hat eine Zuleitung 121 und eine Ableitung 122 durch den Retortensockel hindurch. Der äußere Reaktionsraum hat in diesem Beispiel zwei Zuleitungen 111 und zwei Ableitungen 116. Über den Tannenbaum-Chargierträger wird eine Retortenhaube 140 und ein nicht gezeigter Haubenofen gestülpt und die Retorte mit Argon gespült.

Beim Erwärmen wird ein Durchfluß von 4000 l/h Ar über die Öffnung 122 entgegen der Pfeilrichtung A durch den Tannenbaumstamm über die Hohlbauteile in

den ersten Reaktionsraum 110, den Retortenraum, gespült. Beim Erreichen einer Haltetemperatur von 1050°C wird der Durchfluß umgestellt und vom Retortenraum in Pfeilrichtung A in den Tannenbaumstamm eine Trägergasmenge von 40 l/h H<sub>2</sub> gepumpt. Nach einer Haltezeit von 4 h wird der Gasfluß in umgekehrter Richtung B über die Öffnung 121 dem System zugeführt, so daß zunächst durch die Reaktionsgasquelle 290 ein H<sub>2</sub>-Gasstrom von 40 l/h für zwei weitere Stunden nun aber in Richtung B fließt. Zum Abkühlen wird schließlich wieder die Öffnung 122 entgegen der Flußrichtung A mit Ar als Inertgas gespeist.

Es ergibt sich eine äußerst gleichmäßige Beschichtung der äußeren und inneren Oberflächen 305, 306 der Turbinenschaufeln bei einem Aluminiumgehalt der Schutzschicht von über 30 Gew.-%.

#### Beispiel 2

In diesem Beispiel wird eine kombinierte Vorreinigung der inneren Oberflächen einer Turbinenschaufel mit anschließender Beschichtung der äußeren und inneren Oberflächen einer Turbinenschaufel aus ähnlichem Material wie in Beispiel 1 durchgeführt.

Derartige Innenreinigungen können erforderlich werden, weil mit den üblichen Vorreinigungen nur die Außenflächen sicher von Formenrückständen und Reaktionsprodukten zwischen Schaufelmaterial und Formenmaterial befreit werden können. Durch Reaktionen der inneren Oberflächen mit dem Kernmaterial beim Gießen einer Schaufel können partielle Rückstände auf den inneren Oberflächen verbleiben, die ein Diffusionsbeschichten behindern oder ganz verhindern, so daß Schwachstellen in der Heißgasoxidations- und -korrosionsschutzschicht im Innern der Hohl-schaufeln 300 auftreten können.

In diesem Beispiel wird eine Turbinenschaufel aus einer Nickelbasislegierung der Zusammensetzung (Re-ne 142)

Co	11,45—12,05 Gew.-%
Cr	6,6—7,0 Gew.-%
Ti	max. — 0,02 Gew.-%
Al	5,94—6,3 Gew.-%
W	4,7—5,1 Gew.-%
Mo	1,3—1,7 Gew.-%
Fe	max. 0,2 Gew.-%
Hf	1,3—1,7 Gew.-%
C	0,1—0,14 Gew.-%
Re	2,6—3,0 Gew.-%

Rest Ni, gereinigt und beschichtet.

Dazu wird der Gußwerkstoff bei gleicher Prozeßtemperatur gereinigt und beschichtet, so daß sich die gereinigten Innenflächen nicht wieder mit Oxid belegen.

Die Turbinenschaufeln werden zu je fünf Stück pro Trägerarm an das zentrale Halterohr angeschlossen und eine Charge von 300 Laufschaufeln auf drei Lagen verteilt. Retorten- und Heizhaube werden über die Tannenbaum-Chargierung gestülpt und mittels Abpumpen und Spülen wird eine Argon-Schutzatmosphäre erzeugt. Der Argondurchfluß beträgt 2000 l/h beim Spülen.

Danach wird unter Argon die Retorte auf 750°C bis 1040°C geheizt. Dabei fließt entgegen der Richtung A über die Öffnung 122 ein H<sub>2</sub>-Durchfluß von 4000 l/h zunächst entlang der inneren Oberflächen der Hohl-schaufel und anschließend über die äußeren Oberflä-

chen der Hohl-schaufel.

Nach Erreichen einer Haltetemperatur von 1040°C wird für eine Dauer von 2 h in dem Tannenbaum über die Öffnung 122 ein Gemisch von HF und H<sub>2</sub> eingeleitet. Das Reaktionsgasgemisch setzt sich aus HF mit 0,5 l/h pro Schaufel und H<sub>2</sub> mit 5 l/h pro Schaufel zusammen. Im äußeren Reaktionsraum zirkuliert gleichzeitig mit 40 l/h pro Schaufel Wasserstoff, der durch die Öffnung 111 eingeleitet und durch die Öffnung 116 abgeleitet wird. Dabei wird ein Druckverhältnis eingehalten, so daß der Prozeßdruck im ersten Reaktionsraum bzw im Retortenraum 5 bis 30 hPa unterhalb des Prozeßdruckes im Halterohr oder Verteilerstamm liegt. Die Reaktionsatmosphären des inneren und äußeren Reaktionsräumen werden bei geschlossenen Öffnung 121 gemeinsam über die Öffnung 116 im ersten Reaktionsraum abgeleitet.

Nach Ablauf einer 2-stündigen Haltezeit wird die HF-Zufuhr abgestellt und weitere 0,25 Stunden mit H<sub>2</sub> (5 l/h pro Schaufel) gespült. Danach wird der Gasfluß umgekehrt. Es wird nun zur Beschichtung ein Reaktionsgasgemisch aus AlF<sub>3</sub>, AlF<sub>3</sub> und H<sub>2</sub> (mit 2 pro Schaufel) in Richtung A zunächst über die äußeren und danach über die inneren Oberflächen der Hohl-schaufeln geführt. Nach einer Haltezeit von 4 h bei 1040°C wird in umgekehrter Richtung B für zwei weitere Stunden beschichtet. Dabei wird das Reaktionsgas über die innere Reaktionsgasquelle durch die Trägerarme über die zweiten Verbindungsöffnungen in den Hohl-schaufeln zunächst über die inneren Oberflächen geführt und danach über die äußeren Oberflächen geleitet. Bei dem Abkühlen der Charge wird entgegen der Flußrichtung A die Charge mit Ar gespült, wobei über die Öffnung 122 bei verschlossener Öffnung 121 das Argon zunächst über die inneren Oberflächen der Hohl-schaufeln und anschließend über den äußeren Oberflächen der Hohl-schaufeln strömt.

Es ergibt sich eine defektfreie Innenbeschichtung mit hoher Gleichmäßigkeit der Innenschichtdicke.

#### Beispiel 3

Im Beispiel 3 wird eine Hohl-schaufel außen und innen beschichtet, die eine extreme Länge von über 500 mm für die inneren Kühlkanäle aufweist.

Mit den bisher verfügbaren Verfahren und Vorrichtungen mit unidirektionaler Reaktionsgasführung ergeben sich besonders gravierende Verringerungen der Innenschichtdicke vom Eintritt der Reaktionsgase in die Hohlräume oder Kühlkanäle von Hohl-schaufeln bis zum Austritt aus den Hohlräumen oder bis zum Ende der Kühlkanäle. Abnahmen von 0,5 bis 1 µm pro Zentimeter Kanallänge sind durchaus üblich. Bei einer Beschichtungsdicke von 50 µm im Bereich der ersten Verbindungsöffnung 103 zum Innenraum einer Hohl-schaufel geht die Beschichtungsdicke gegen Null am Ende eines Kanals mit einer Länge von 500 cm. Mit der neuen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich im Vergleich dazu sowohl längere Kühlkanäle beschichten, als auch die Schichtdicken besser ver-gleichmäßigen.

In diesem Beispiel wird die erste Reaktionsgasquelle mit Granulat einer Aluminiumspenderlegierung be-stückt und die zweite Reaktionsquelle mit einer Spen-derlegierung und dem Granulat eines halogenen Akti-vators. Während der Aufheizphase wird unter einem niedrigen Argondurchfluß in Pfeilrichtung A die Vor-richtung aufgeheizt bis 1040°C bis der gesamte Aktiva-

tor gasförmig im zweiten Reaktionsraum vorliegt. Erst danach wird der Durchfluß für eine halbe Stunde derart gesteuert, daß die Reaktionsgase in Richtung B fließen. Während dieser Zeitspanne gelangt ausreichend Aktivatorgas über die inneren Oberflächen der Bauteile in den ersten Reaktionsraum, um in Reaktion mit dem Spendermetallgranulat ein Reaktionsgas zu bilden, das nun nach 30 Minuten in umgekehrter Richtung zu A erst über die äußeren Oberflächen strömt und anschließend die inneren Oberflächen beschichtet. Diese Umschaltung der Durchflußrichtung erfolgt für die nächsten 5 Stunden alle 30 Minuten. Abschließend wird unter Argon bei einem Durchfluß von 40 l/h pro Schaufel das Aktivatorgas in den zweiten Reaktionsraum verdrängt, wo es sich niederschlägt. Das hat den Vorteil, daß im stark durch Ein- und Ausbauten frequentierten äußeren Reaktionsraum keine giftigen vagabundierenden Halogen- oder Halogenidverbindungen oder Gase vorhanden sind. Diese konzentrieren sich vielmehr auf den inneren zweiten Reaktionsraum.

Mit dieser Verfahrensvariante konnte die Vergleichmäßigung der Beschichtungsdicke nochmals gesteigert werden.

#### Beispiel 4

Als nächstes werden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren problematische Superlegierungen, auf die Aluminium mittels Gasdiffusionsbeschichten herkömmlicher Art nur schwierig oder gar nicht aufzubringen sind, beschichtet. Zu diesen Legierungen zählen Kobaltbasislegierungen und Nickelbasislegierungen mit hohem Wolframanteil.

Zur Lösung der Beschichtungsprobleme ist ein hoher Gehalt an Aluminiumhalogeniden in dem Reaktionsgas, das als Aluminiumaktivität bezeichnet wird, erforderlich. Die Verarmung an Aluminiumhalogeniden im Reaktionsgas und damit die Abnahme an Aluminiumaktivität ist jedoch bei herkömmlichen Verfahren durch Abscheidung von Aluminium an den Oberflächen der Hohlbauteile beträchtlich. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird diese Verarmung vermindert, so daß eine hohe Aluminiumaktivität aufrechterhalten werden kann und somit können problematische Superlegierungen, auf die Aluminium mittels Gasdiffusionsbeschichten herkömmlicher Art nur schwierig oder gar nicht aufzubringen sind zufriedenstellend auch von innen beschichtet werden.

Als Beispiel werden Turbinenleitschaufeln mit folgender Legierungszusammensetzung (X 40)

Ni	9,5—11,5 Gew.-%
Cr	24,5—26,5 Gew.-%
Al	max. 0,35 Gew.-%
W	7,0—8,0 Gew.-%
Fe	max. 2,0 Gew.-%
C	0,45—0,55 Gew.-%
Rest Co	

und Turbinenlaufschaufeln mit folgender Zusammensetzung (Mar-M237 LC)

Co	9,0—11,0 Gew.-%
Cr	6—8,0 Gew.-%
Ti	0,9—1,2 Gew.-%
Al	5,4—5,7 Gew.-%
W	3,8—10,2 Gew.-%

Mo	0,6—0,8 Gew.-%
Hf	1,0—1,6 Gew.-%
C	0,05—0,14 Gew.-%
Ta	2,9—3,1 Gew.-%
Rest Ni	

bei hoher Al-Aktivität beschichtet.

Dazu werden 100 Hohl-schaufeln in 5 Lagen in dem ersten Reaktionsraum angeordnet und 1500 g pro Schaufel Spendermetallgranulat, sowie 20 g Aktivatorgranulat pro Schaufel eingewogen. Eine Retortenhaube 140 von 1,3 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen wird über die Charge gestülpt. Der Retortenboden 131 hat eine Gaszuleitung und zwei Abgasleitungen. Das Halterohr weist im unteren Bereich oberhalb des Retortenbodens im beheizten Bereich einen zylindrischen Behälter mit einem Fassungsvermögen von 0,25 m<sup>3</sup> auf.

Vor dem Aufheizen wird die Charge mit dem 10fachen Volumen des Fassungsvermögens der Retortenhaube mit Argon in Richtung B gespült. Danach wird unter einem Argondurchfluß von 1000 l/h die Vorrichtung aufgeheizt. Bei 900° C wird auf einen Wasserstoffdurchfluß von 2000 l/h umgestellt bis eine Haltetemperatur von 1080° C erreicht ist. Dann wird der Durchfluß reduziert und auf eine Druckregelung umgestellt. Für diese Verfahrensvariante sind Drucksensoren im ersten und zweiten Reaktionsraum als Meßwertgeber angeordnet. Es wird wechselweise mit einem Wasserstoffdurchfluß bis etwa 1000 l/h ein Druckunterschied zwischen den Drucksensoren aufgebaut.

Nach mehrfachem Vorzeichenwechsel der Druckdifferenz zwischen den beiden Reaktionsräumen 110 und 120 wird nach 6 Stunden unter Argonspülung in Richtung B die Charge abgekühlt.

Als Ergebnis wird eine sehr gleichmäßige Schichtdicke zwischen den äußeren und inneren Oberflächen der Hohl-schaufeln festgestellt.

#### Beispiel 5

In diesem Beispiel ist eine Turbinenlaufschaufel für eine stationäre Gasturbine aus dem gleichen Material wie im Beispiel 1 auf den inneren Oberflächen im wesentlichen mit Chrom und auf den äußeren Oberflächen im wesentlichen mit Aluminium zu beschichten.

Für die Betriebstemperaturen einer stationären Gasturbine sind die Laufschaufeln mit Filmkühlungsbohrungen an den Austrittskanten ausgestattet. Ferner weisen die Laufschaufeln drei innere Kühlkanäle auf. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, die Innenkanäle mit einem anderen Material als die äußeren Oberflächen dieser Hohl-schaufeln zu beschichten. Deshalb sind die Innenkanäle mit Chrom und die äußeren Oberflächen mit Aluminium zu beschichten.

Um eine derartige Beschichtung mit herkömmlichen unidirektionalen Verfahren zu erreichen, ist ein hoher Aufwand in Bezug auf schützende zeitliche Abdeckschichten zu treiben.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der neuen Vorrichtung sind diese Laufschaufeln wesentlich kostengünstiger beschichtbar.

Beispielsweise werden 160 Turbinenschaufeln in 4 Lagen an 20 Tragarme angeschlossen, wobei jeder Tragarm zwei Schaufeln aufnimmt. Im zweiten inneren Reaktionsraum werden 10 kg Chromtabletten in Lochblechkörben angeordnet und pro Schaufel 5 g NH<sub>4</sub>Cl im unteren Bereich des Halterohres positioniert. Ein weiterer Anteil von 3 g an NH<sub>4</sub>Cl wird im Bodenbereich des



ersten Reaktionsraumes angeordnet.

Das Aluminiumspendergranulat mit einer Fluorverbindung als Aktivator für die Außenbeschichtung wird mit 400 g pro Schaufel in den Granulatkörben zwischen den Trägerarmen eingebracht. Die Charge wird mit Argon gespült und ohne jeden Durchfluß bis zu einer ersten Haltetemperatur von 1080°C erwärmt. Bei 1080°C wird ein Argondurchfluß in Richtung B über die Schaufelinnenflächen von 160 l/h eingestellt, der die inneren Oberflächen mit Chrom beschichtet. Gleichzeitig zirkuliert über den Zulauf 111 und den Ablauf 116 im ersten Reaktionsraum ein Argonstrom von 4000 l/h, der die äußeren Oberflächen vor einer Chrombeschichtung schützt.

Die Menge und der Ort des  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Aktivators für die Alitierung sind derart bemessen bzw. ausgesucht, daß bei der vorliegenden Temperaturverteilung und dem anliegenden Temperaturgradienten der  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Aktivator in den 4 Stunden vollständig verdampft ist. Nach 4 Stunden wird der Argonstrom auf ein Alitieren der Außenflächen umgestellt. Bei einer Temperatur von 1040°C und einem Argondurchfluß von 400 l/h in Richtung A werden in den folgenden 4 Stunden die äußeren Oberflächen alitiert.

Nach Abkühlung der Charge unter Argondurchfluß in Richtung B auf Raumtemperatur resultiert eine gemessene mittlere Innenbeschichtungsdicke von 25 µm, die im wesentlichen aus Chrom besteht und eine Aliterschicht auf den äußeren Oberflächen mit einer mittleren Dicke von 45 µm.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Präparation und/oder Beschichtung der Oberflächen von metallischen Hohlbauteilen mit den Verfahrensschritten
  - a) Bereitstellen mindestens zweier Reaktionsgasgemische (I, II) durch Reaktionsgasquellen zur Behandlung der äußeren und inneren Oberflächen der Hohlbauteile,
  - b) Führen des ersten Reaktionsgasgemisches (I) über die äußeren Oberflächen und danach über die inneren Oberflächen der Bauteile,
  - c) Führen des zweiten Reaktionsgasgemisches (II) über die inneren Oberflächen und danach über die äußeren Oberflächen der Bauteile.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Reaktionsgasgemische (I, II) aus gleichartigen Komponenten zusammensetzen und die Strömungsrichtung der Reaktionsgase über die Oberflächen des Hohlbauteils durch Wiederholen der Schritte b) und c) mehrfach geändert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Reaktionsgasquellen Reaktionsgase liefert, die der Reinigung von äußeren und inneren Oberflächen dienen, vorzugsweise halogenhaltige Gase.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Reaktionsgasquellen Reaktionsgase liefert, die der Reduktion sulfidischer oder oxidischer Ablagerungen auf den äußeren oder inneren Oberflächen dienen, vorzugsweise wasserstoffhaltige Gase.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsgasquellen Reaktionsgase liefern, die der Gasdiffusionsbeschichtung der äußeren oder inneren Oberflächen dienen, vorzugsweise halogenidhaltige

Gase, die sich an den metallischen Außen- oder Innenflächen der Hohlbauteile in eine metallische Komponente, die als Beschichtung auf den äußeren und inneren Oberflächen abgeschieden wird und eine halogene Komponente, die als Aktivator wiederverwendet wird, zersetzt.

6. Vorrichtung zur Präparation und/oder Beschichtung der Oberflächen von metallischen Hohlbauteilen, die mindestens zwei Verbindungsöffnungen zwischen ihren äußeren und inneren Oberflächen aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung einen Reaktionsbehälter mit einem äußeren Reaktionsraum und einem zentralen Halterrohr, an dem abnehmbare radial zum Halterrohr ausgerichtete hohle Trägerarme angeordnet sind, die mindestens jeweils ein Hohlbauteil aufnehmen, aufweist, wobei eine erste Verbindungsöffnung des Bauteils mit dem äußeren Reaktionsraum und eine zweite Verbindungsöffnung über den hohlen Trägerarm mit dem Innenraum des Halterrohres verbunden ist, so daß Reaktionsgas aus dem äußeren Reaktionsraum zuerst über die äußeren Oberflächen und danach über die erste Verbindungsöffnung zu den inneren Oberflächen der Bauteile und über die Trägerarme zum Innenraum des Halterrohres strömen kann und umgekehrt Reaktionsgas von dem Innenraum des Halterrohres über die Trägerarme durch die zweite Verbindungsöffnung des Bauteils über die inneren Oberflächen und danach durch die erste Verbindungsöffnung über die äußeren Oberflächen der Bauteile in den äußeren Reaktionsraum strömen kann.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß im äußeren Reaktionsraum zwischen den Trägerarmen radial zum Halterrohr angeordnete äußere Granulatkörbe mit einem ersten Reaktionsgasquellenmaterial befestigt sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß im äußeren Reaktionsraum Trägerarme und Granulatkörbe in mehreren Lagen übereinander am Halterrohr angeschlossen bzw. befestigt sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß im Innenraum des Halterrohres innere Granulatkörbe mit einem zweiten Reaktionsgasquellenmaterial angeordnet sind.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Halterrohr zentral auf dem Boden des Reaktionsbehälters steht, der mindestens eine erste Zu- oder Ableitungsöffnung für den äußeren Reaktionsraum und mindestens eine zweite Zu- oder Ableitungsöffnung für den Innenraum des Halterrohres aufweist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

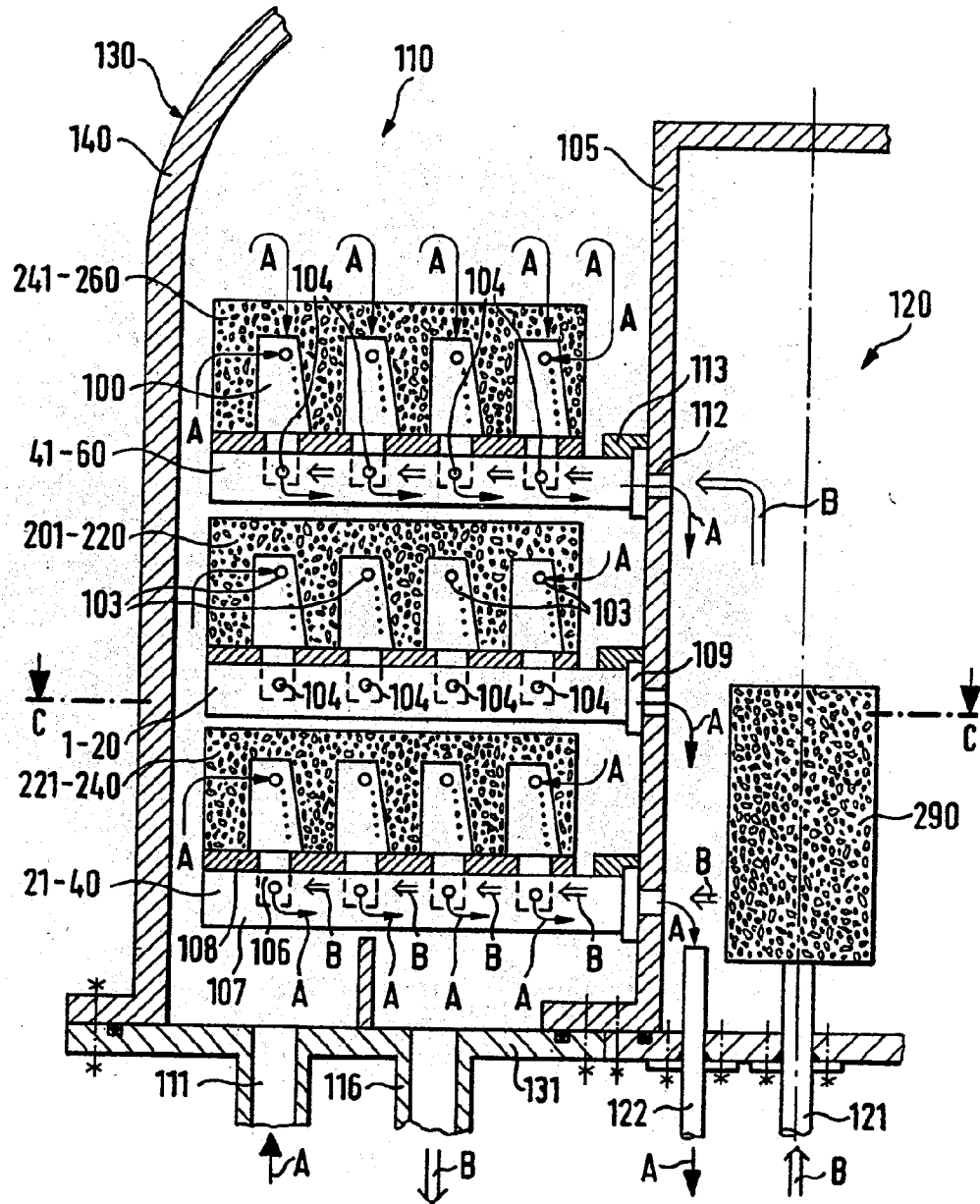


FIG. 1

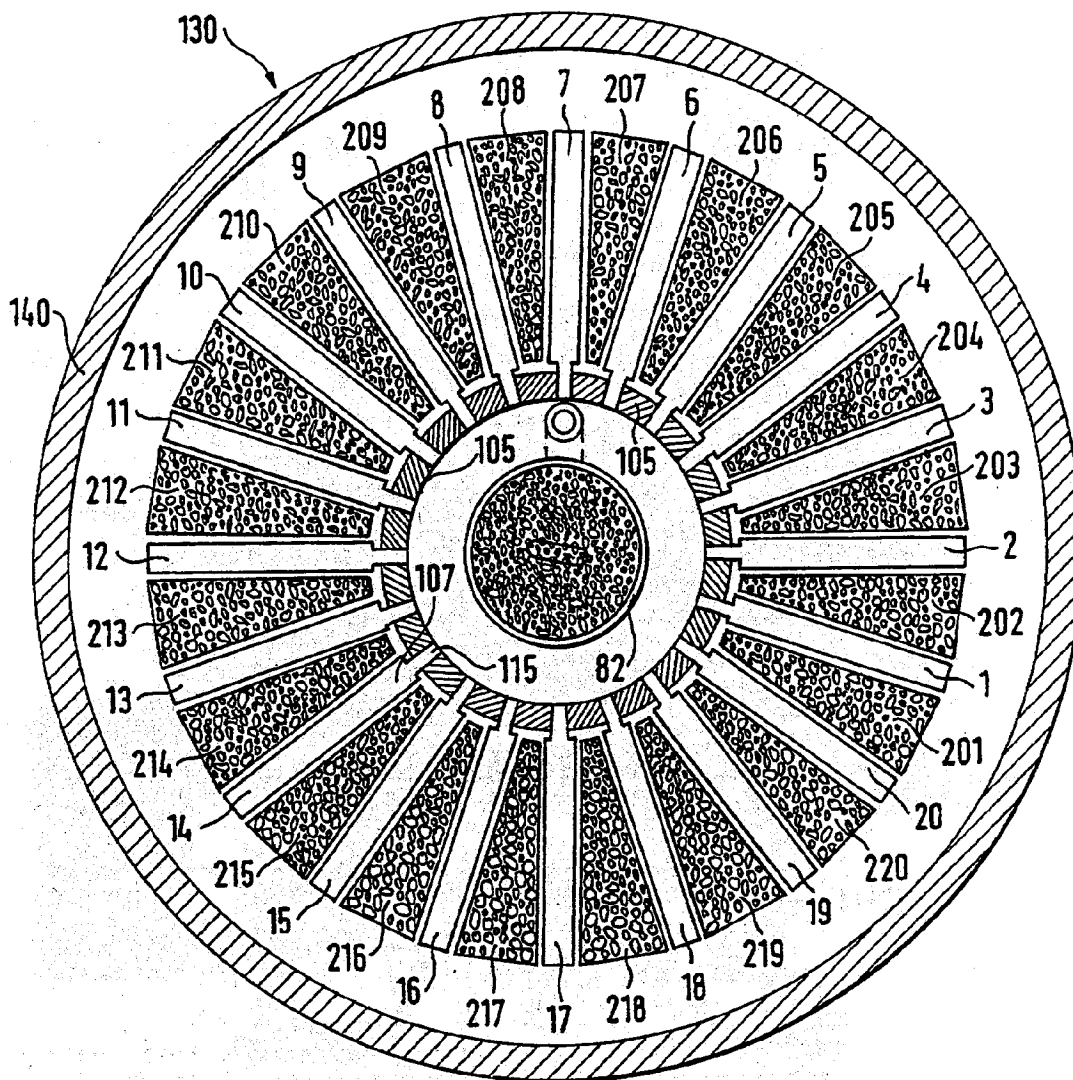


FIG. 2

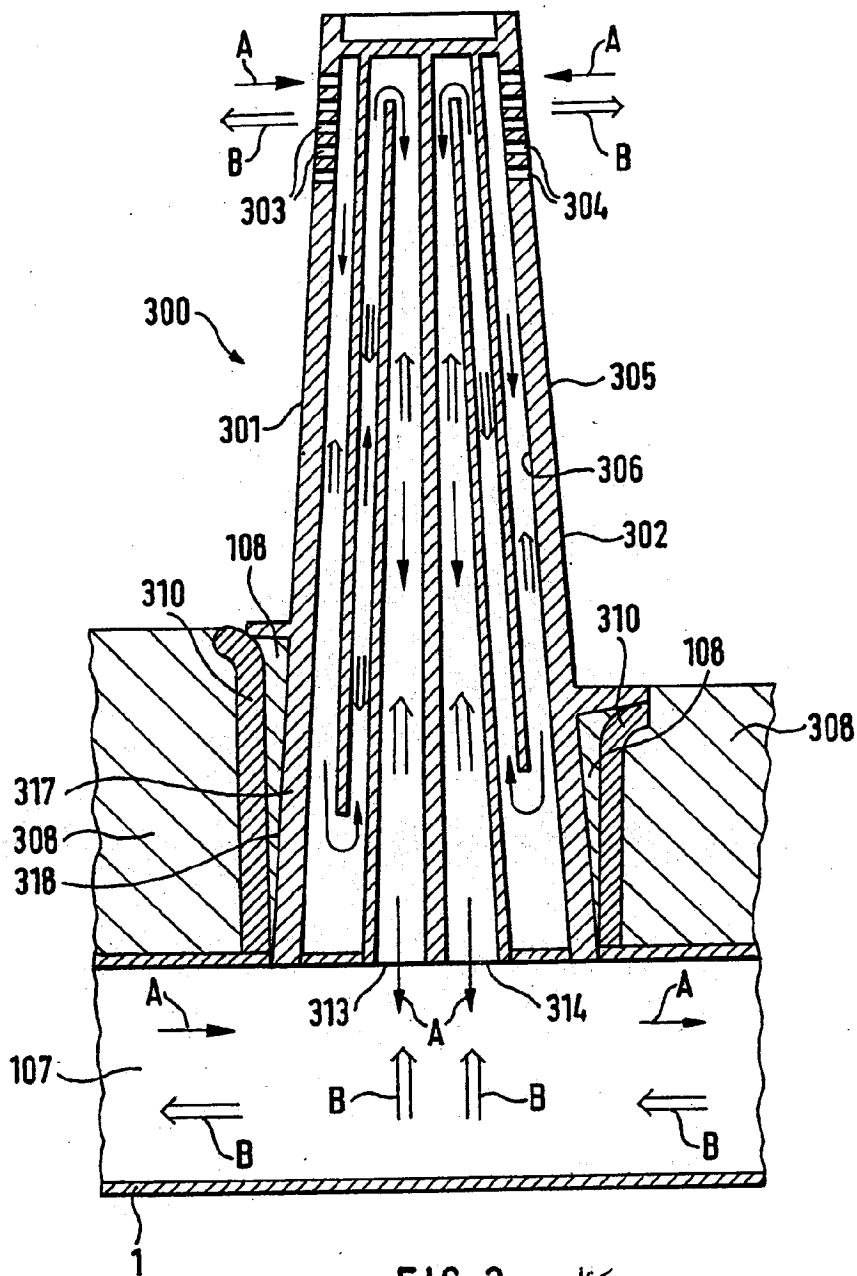


FIG. 3 \*

- Leerseite -